

А.Л. НИКИФОРОВ, И. А. МЕНЕЙЛЮК
Одесская государственная академия строительства и архитектуры
М.Н. ЕРШОВ
Московский государственный строительный университет

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РЕКОНСТРУКЦИИ ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ ОТ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ ФАКТОРОВ

В статье рассмотрена оптимизация организационных решений реконструкции инженерных сооружений на примере Останкинской телебашни. Выбраны показатели, наиболее полно характеризующие проект реконструкции, а также факторы, наиболее существенно влияющие на них. Разработан алгоритм, позволяющий оптимизировать организационные решения по показателям финансовой и технической эффективности путём экспериментально-статистического моделирования вариантов проведения строительно-монтажных работ. Получены закономерности изменения показателей продолжительности и стоимости реконструкции под влиянием организационных факторов.

Ключевые слова: экспериментально-статистическое моделирование, реконструкция, высотные инженерные сооружения, численные методы оптимизации.

A. NIKIFOROV, I. MENEYLYUK
Odesa State Academy of Civil Engineering and Architecture
M. ERSHOV
Moscow State Building University

REGULARITIES OF INDICATORS OF ENGINEERING STRUCTURES RECONSTRUCTION FROM ORGANIZATIONAL FACTORS

Abstract – Article represents optimization of organizational solutions of engineering structures reconstruction by the example of Ostankino TV tower. The indicators, which fully represent the project of reconstruction and most influential factors are chosen. The algorithm of organizational solutions optimization by experimental statistical modelling is worked out. The regularities of duration and cost of reconstruction works influenced by organizational factors are achieved.

Keywords: experimental statistical modelling, reconstruction, high-rise structures, numerical methods of optimization.

Введение. В Украине и за её пределами имеется большое количество высотных инженерных сооружений. Большая часть из них эксплуатируется десятки лет и более. Многие высотные инженерные сооружения требуют проведения ремонтно-восстановительных работ, а некоторые – противоаварийных. Реализация таких проектов требует значительных затрат. Как правило, существует множество вариантов выполнения работ по реконструкции. Они могут иметь различную стоимость, сроки выполнения. Специфика некоторых объектов требует определённого графика работ (только в ночную смену, использование ограниченного количества людей или календарного времени). В нормативных документах и изученных информационных источниках отсутствуют указания по выбору эффективных организационно-технологических решений при реконструкции таких сооружений. Поэтому такие работы требуют моделирования и последующей оптимизации по наиболее важным критериям.

Использование традиционных методов моделирования строительных процессов не даёт возможности оценить эффективность вариантов организационно-технологических решений. Моделирование таких вариантов и анализ экспериментально-статистических моделей позволит определить лучшее решение по выбранным критериям эффективности.

Цель и задачи исследования. Целью исследования является определение закономерности изменения показателей продолжительности и стоимости от организационных факторов реконструкции высотных инженерных сооружений на примере Останкинской телебашни. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Разработать алгоритм численной оптимизации организационных решений.
2. Провести численный эксперимент и построить аналитические и графические зависимости исследуемых показателей от организационных факторов.

Для решения задачи оптимизации проекта реконструкции телебашни Останкино был проведён численный эксперимент по моделированию вариантов организационных решений этих работ. При проведении численного исследования использовались теории оптимального планирования эксперимента, экспериментально-статистического моделирования, современное программное обеспечение для построения календарно-сетевых моделей строительного производства [1, 2, 3].

Решение задач оптимизации состоит из этапов, показанных на рис. 1.

Проведение численного исследования по разработанному алгоритму позволит обоснованно выбрать оптимальные организационные решения по проведению комплекса восстановительных работ в сложных организационных условиях при ограниченном финансировании [4]. При проведении исследования была использована сметная документация, отражающая актуальные затраты на проведение строительно-монтажных работ. Построение графиков строительства позволило корректно отобразить последовательность и принятые технологические решения при проведении высотных монтажных работ.

Таким образом, настоящее исследование даёт количественную оценку альтернатив реализации проекта при изменяющихся вариантах организации комплекса восстановительных работ, условий финансирования и имеющихся ограничений.

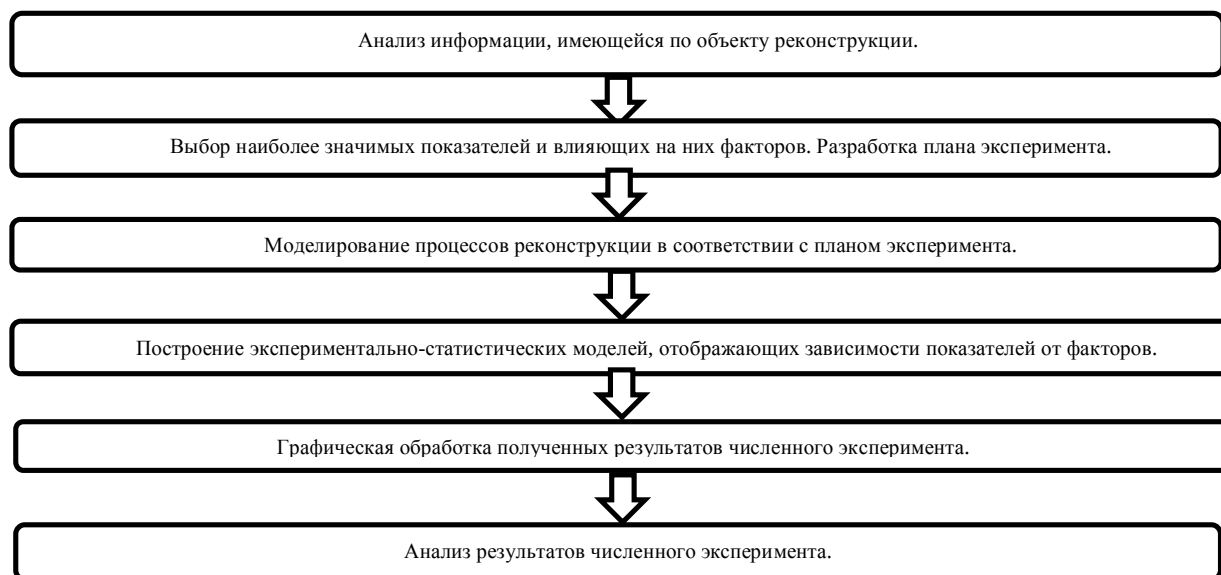


Рис. 1. Блок-схема методики исследования

Объектом оптимизации является проект реконструкции Останкинская телебашни, которая находится в Москве. Башня является одним из наиболее высоких сооружений данного типа в мире, обладает серией нестандартных конструктивных решений, а также особенностями производства, которые значительно усложняют процесс реконструкции. В результате анализа особенностей рассматриваемого объекта, были выявлены основные показатели проекта реконструкции, а также факторы, непосредственно влияющих на эти показатели.

На наш взгляд наиболее значимыми являются следующие показатели:

- Y_1 – продолжительность выполнения строительно-монтажных работ;
- Y_2 – стоимость производства строительно-монтажных работ;
- На выбранные показатели наибольшее влияние оказывают следующие факторы:
- X_1 – количество рабочих смен в сутки.
- X_2 – количество рабочих дней в неделю.
- X_3 – коэффициент совмещения работ.
- X_4 – величина условно-постоянных расходов.

По результатам построения моделей проекта реконструкции (календарных графиков производства работ) были исследованы показатели инвестиционно-строительного проекта, изменяющиеся под влиянием организационных факторов. Результаты проведённого исследования приведены в таблице 1.

Таблица 1

Матрица результатов исследования

№	X_1 Кол-во смен в сутки	X_2 Кол-во рабочих дней в неделю	X_3 Коэффициент совмещения работ	X_4 Величина условно-постоянных расходов тыс. руб./мес.	Продолжительность выполнения СМР, дни	Стоимость производства СМР, тыс. руб	№	X_1 Кол-во смен в сутки	X_2 Кол-во рабочих дней в неделю	X_3 Коэффициент совмещения работ	X_4 Величина условно-постоянных расходов тыс. руб./мес.	Продолжительность выполнения СМР, дни	Стоимость производства СМР, тыс. руб
1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
1	3	7	63	700	382	536 955	13	1	3	63	700	1282	557 955
2	3	7	63	300	382	531 862	14	1	3	63	300	1282	540 862
3	3	7	0	700	939	549 952	15	1	3	0	700	3494	609 568
4	3	7	0	300	939	537 432	16	1	3	0	300	3494	562 982
5	3	3	63	700	638	542 928	17	3	5	32	500	655	538 958
6	3	3	63	300	638	534 422	18	1	5	32	500	1414	551 608
7	3	3	0	700	1633	566 145	19	2	7	32	500	693	539 592

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
8	3	3	0	300	1633	544 372	20	2	3	32	500	1239	548 692
9	1	7	63	700	766	545 915	21	2	5	63	500	409	534 858
10	1	7	63	300	766	535 702	22	2	5	32	700	743	545 378
11	1	7	0	700	1970	574 008	23	2	5	0	500	1102	546 408
12	1	7	0	300	1970	547 742	24	2	5	32	300	743	535 472
							25	2	5	32	500	743	540 425

Закономерность изменения продолжительности выполнения СМР при реконструкции Останкинской телебашни в зависимости от количества рабочих смен в сутки, рабочих дней в неделю, коэффициента совмещенности работ и величины условно-постоянных расходов адекватно описывается математической моделью, приведенной ниже:

$$Y_1 = 711 - 477,7 X_1 + 328,8 X_1^2 + 136,3 X_1 X_2 + 233 X_1 X_3 - 362,6 X_2 + 260,3 X_2^2 + 180,9 X_2 X_3 - 590,5 X_3 + 49,8 X_3^2 + 37,3 X_4^2 \quad (1)$$

Расчет этой и последующих аналитических зависимостей выполнен с использованием программы Comrex, разработанной в ОГАСА под руководством профессора Вознесенского В.А. [5].

Показанная в формуле 1 аналитическая зависимость может быть изображена графически. На рисунке 2 функция достигает экстремумов в следующих точках:

- $Y_{\max} = 3368$ дней при $X_1 = -1$ (1 рабочая смена в сутки), $X_2 = -1$ (3 рабочих дня в неделю), $X_3 = -1$ (коэффициент совмещенности работ равен 0%) и $X_4 = +1$ (величина условно-постоянных расходов равна 700 тыс. руб./мес.);

- $Y_{\min} = 107$ дней при $X_1 = +1$ (3 рабочих смены в сутки), $X_2 = +1$ (7 рабочих дней в неделю), $X_3 = +1$ (коэффициент совмещенности работ равен 63%) и при значениях $X_4 = -1$ (величины условно-постоянных расходов, равной 500 тыс. руб./мес.).

Закономерность изменения стоимости производства СМР по реконструкции Останкинской телебашни в зависимости от количества рабочих смен в сутки, рабочих дней в неделю, коэффициента совмещенности работ и величины условно-постоянных расходов адекватно описывается зависимостью, приведенной ниже:

$$Y_2 = 543451,34 - 9628,71 X_1 + 1328,02 X_1^2 + 395,83 X_1 X_2 + 2008,34 X_1 X_3 - 1391,67 X_1 X_4 - 4375,93 X_2 + 186,32 X_2^2 + 4887,5 X_2 X_3 - 4366,67 X_2 X_4 - 8175,01 X_3 - 3321,98 X_3^2 - 6015,01 X_3 X_4 + 5442,22 X_4 + 11469,67 X_4^2 \quad (2)$$

Для прогнозирования изменений исследуемых показателей при варьировании количества рабочих смен в сутки, рабочих дней в неделю, коэффициента совмещенности работ и величины условно-постоянных расходов были построены диаграммы типа «квадрат в квадрате» (рис.3). Они изображаются с помощью изолиний, т.е. линий, на которых находятся равные значения функции отклика.

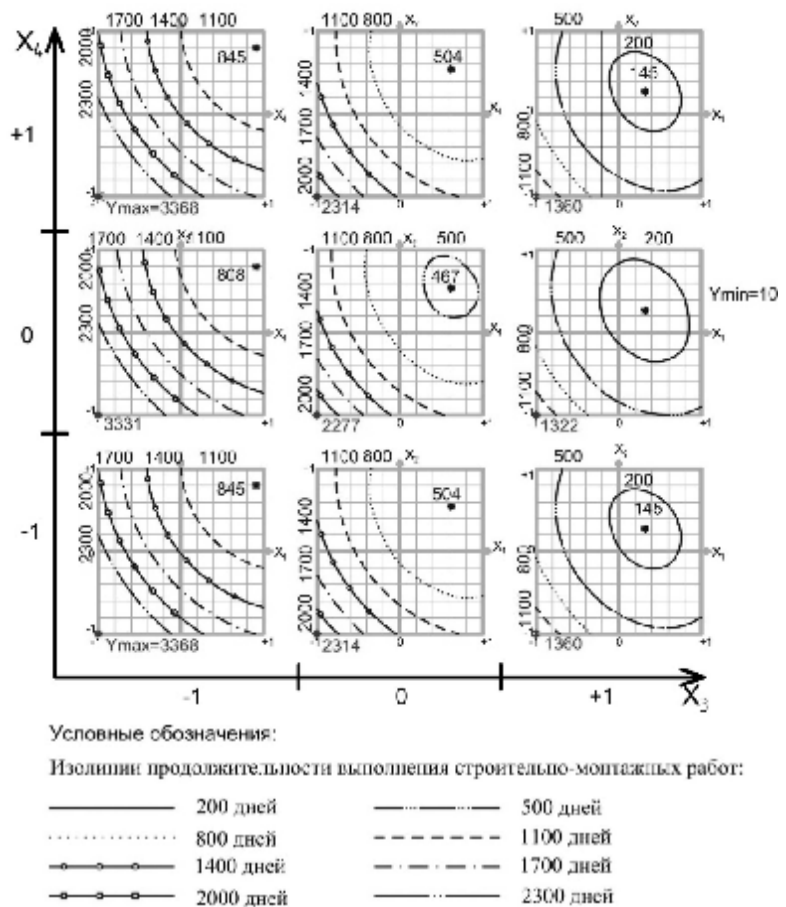


Рис. 2 Диаграмма изменения показателя «продолжительность выполнения СМР» типа «квадрат в квадрате» (дни)

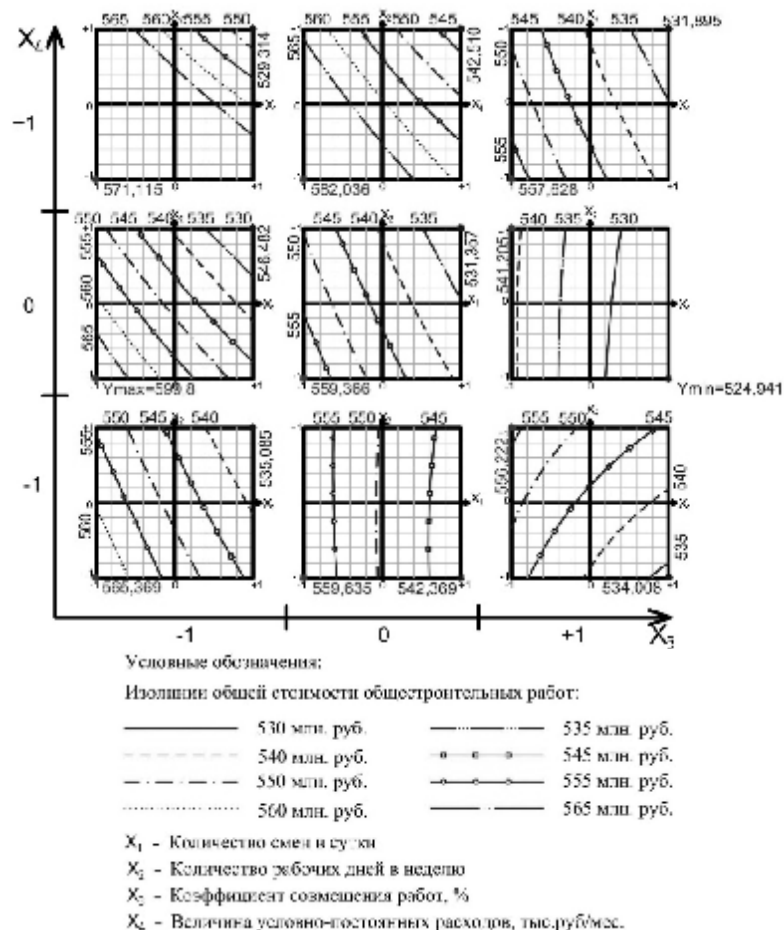


Рис.3 Диаграмма изменения показателя «стоимость производства СМР» типа «квадрат в квадрате» (млн.руб.)

В рамках данной диаграммы функция достигает экстремумов в следующих точках:

- $Y_{\max} = 599,8$ млн. руб. при $X_1 = +1$ (3 рабочих смены в сутки), $X_2 = -1$ (3 рабочих дня в неделю) $X_3 = 0$ (коэффициент совмещенности работ равен 32%) и при значениях $X_4 = -1$ (величина условно-постоянных расходов равна 300 тыс. руб./мес.);
- $Y_{\min} = 524,94$ млн. руб. при $X_1 = -1$ (1 рабочая смена в сутки), $X_2 = +1$ (7 рабочих дней в неделю) $X_3 = 0$ (коэффициент совмещенности работ равен 32%) и при значениях $X_4 = +1$ (величина условно-постоянных расходов равна 700 тыс. руб./мес.).

Выводы:

1. Результаты моделирования на примере реального объекта реконструкции показали, что при изменении исследуемых факторов основные критерии эффективности могут изменяться в очень широких пределах, а именно:

- продолжительность выполнения работ – от 107 до 3368 рабочих дней;
- стоимость производства работ – от 599,8 млн. руб. до 524,941 млн. руб.

2. Полученные закономерности позволяют на этапе моделирования определить значение каждого из показателей при любом сочетании факторов в исследуемых пределах.

Литература

1. Вознесенский В.А. Статистические методы планирования эксперимента в технико-экономических исследованиях / В.А. Вознесенский // М.: Финансы и статистика, 1981. - 263с. 7.
2. Адлер Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю.П. Адлер, Е.В. Маркова, Ю.В. Грановский// М. : Наука. – 1-е изд., 1971. – 283 с. – 2-е изд., 1976. – 279 с.
3. Налимов В.В. Теория эксперимента. / В.В. Налимов // М. : Наука, 1971. – 208 с.
4. Краковский Г.И. Планирование экспериментов / Г.И. Краковский, Г.Ф. Филаретов // Минск: БТУ, 1982. – 757 с.
5. Вознесенский В.А. Численные методы решения строительно-технологических задач на ЭВМ / В.А. Вознесенский, Т.В. Ляшенко, Б.Л. Огарков // К. :Вища школа, 1989.–328. с.

Рецензія/Peer review : 23.1.2016 р.

Надрукована/Printed :25.2.2016 р.

Рецензент: д.т.н., проф. Бабиченко В. Я.